

**Enriquecimento proteico do maxixe-bravo (*cucumis dipsaceus ehrenb*) por fermentação semissólida****Protein enrichment of maxixe-bravo (*cucumis dipsaceus ehrenb*) by solid station fermentation**

DOI:10.34117/bjdv6n7-461

Recebimento dos originais: 03/06/2020

Aceitação para publicação: 17/07/2020

**Aline Priscila de França Silva**

Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Federal de Campina Grande  
Endereço: Acesso Professora Maria Anita Furtado Coelho, s/n - Sítio Olho d'Água da Bica, Cuité - PB, Brasil.

E-mail:alinepriscila33@gmail.com

**Ana Paula Moisés de Sousa**

Doutoranda em Engenharia Agrícola  
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande  
Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882 - Bairro Universitário, Campina Grande - PB, Brasil.  
E-mail: anapaulinha\_15\_6@hotmail.com

**Antonio Daniel Buriti de Macedo**

Doutorando em Engenharia de Processos  
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande  
Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882 - Bairro Universitário, Campina Grande - PB, Brasil.  
E-mail: daniel\_buritt@hotmail.com

**Danilo Lima Dantas**

Doutorando em Química Pura e Aplicada  
Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Endereço: Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n - Bairro Dois Irmãos, Recife - PE, Brasil.  
E-mail: danilold.15@gmail.com

**José Anderson Machado Oliveira**

Doutorando em Química  
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Endereço: Campus universitário Lagoa Nova, Natal - RN, Brasil.  
E-mail: jmo.anderson@gmail.com

**Arthur Filgueira de Almeida**

Doutorando em Engenharia Química  
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande  
Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882 - Bairro Universitário, Campina Grande - PB, Brasil.  
E-mail: Arthur.filgueira@eq.ufcg.edu.br

**Renato Alexandre Costa de Santana**

Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande  
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde  
Endereço: Acesso Professora Maria Anita Furtado Coelho, s/n - Sítio Olho d'Água da Bica, Cuité -  
PB, Brasil  
E-mail: renatoacs@ufcg.edu.br

**Ana Regina Nascimento Campos**

Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande  
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia  
Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882 - Bairro Universitário, Campina Grande – PB, Brasil.  
E-mail: arn campos@ufcg.edu.br

**RESUMO**

O maxixe-bravo (*Cucumis dipsaceus* Ehrenb), pertence à família das Cucurbitaceas, é originário da África e, no Brasil adaptou-se às regiões semiáridas. Os frutos desta espécie apresentam um teor nutricional apreciável, e é usado apenas na alimentação de animais. Com o intuito de colaborar para a sustentabilidade desta região, objetivou-se com esse trabalho estudar o processo de enriquecimento proteico do maxixe-bravo com micro-organismos (leveduras) por fermentação semissólida, visando à produção de suplemento proteico para ração animal. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Alimentos (UFCG/CES). Utilizou-se biorreatores de plástico, nos quais foram colocados 300 g de maxixe-bravo triturados, e adicionado diferentes quantidades de leveduras em cada um, correspondendo à: 0, 1, 3, 5 e 15 % da massa inicial de substrato. As fermentações ocorreram em estufa de circulação de ar a 35 °C, sistema de batelada, sendo retirado amostras para determinação de teor de água, resíduo mineral fixo, acidez titulável, sólidos solúveis totais, pH, proteína bruta e calculado o respectivo aumento proteico alcançado, nos tempos de 24, 48 e 72 horas de processo. O processo fermentativo com concentração de 3 % de levedura proporcionou o maior aumento proteico. Com 48 h de fermentação, o teor de proteína bruta e o aumento proteico alcançado foram de 8,73 e 226,97 %, respectivamente.

**Palavras-chave:** Levedura, Concentrado proteico, Maxixe.

**ABSTRACT**

The wild gherkin (*Cucumis dipsaceus* Ehrenb), belongs to the Cucurbitaceas family, is originally from Africa and, in Brazil, has adapted to the semiarid regions. The fruits of this species have an appreciable nutritional content, and is used only in animal feed. In order to collaborate for the sustainability of this region, the objective of this work was to study the process of protein enrichment of wild gherkin with microorganisms (yeasts) by semi-solid fermentation, aiming at the production of protein supplement for animal feed. The experiments were conducted at the Food Biochemistry and Biotechnology Laboratory (UFCG / CES). Plastic bioreactors were used, in which 300 g of crushed wild gherkin were placed, and different amounts of yeast were added to each one, corresponding to: 0, 1, 3, 5 and 15% of the initial substrate mass. The fermentations took place in an air circulation oven at 35 °C, batch system, samples were taken to determine water content, fixed mineral residue, titratable acidity, total soluble solids, pH, crude protein and the respective protein increase achieved was calculated, at 24, 48 and 72 hours of processing. The fermentation process with a concentration of 3% yeast provided the highest protein increase. After 48 h of fermentation, the crude protein content and the protein increase achieved were 8.73 and 226.97%, respectively.

**Keywords:** Yeast, Protein concentrate, Maxixe.

## 1 INTRODUÇÃO

O maxixe-bravo, assim como é chamado em algumas regiões do nordeste brasileiro, é uma planta da família Cucurbitaceae, da espécie *Cucumis dipsaceus* Ehrenb (LATA e MITTAL, 2015), é originária da África e, no Brasil adaptou-se às regiões semiáridas, especialmente o curimataú paraibano. Segundo Chandran; Nivedhini; Parimelazhagan (2013) o *C. dipsaceus* é conhecido por vários nomes como cabaça carda, pepino árabe, ouriço, pepino do diabo, maxixe-bravo, entre outros.

Os frutos desta espécie podem medir de 7-10 cm de comprimento, possuem forma arredondada, com espinhos macios e longos. Apresentam-se verdes quando imaturos e à medida que se tornam maduros vão apresentando coloração amarelada. Segundo Nivedhini; Chandran; Parimelazhagan (2014) este fruto possui teor nutricional apreciável, por apresentar proteínas, minerais e aminoácidos essenciais, apresentando também propriedades antioxidantes. Normalmente é utilizado na alimentação de animais, sendo fornecido na época da seca, no período de escassez de pastagens.

Na tentativa de poder contribuir para o desenvolvimento sustentável da região do curimataú paraibano estão sendo pesquisadas formas alternativas de aumentar o valor nutricional dos frutos do maxixe-bravo, por meio do processo de enriquecimento proteico, com micro-organismos. Os micro-organismos cultivados como fonte de proteína para consumo humano e animal são bactérias, algas e fungos (bolores e leveduras). Entre esses organismos processadores de proteínas, as leveduras se destacam pela sua alta eficiência na conversão, possibilidade de ser cultivado em diversos tipos de substrato, possuir um elevado teor de proteína (45-60%), fácil obtenção e baixo custo, além de ser não patogênica. Segundo Pandey (2003) a eficiência da conversão proteica depende de vários fatores como temperatura, suprimento de oxigênio e disponibilidade de nutrientes.

O processo de enriquecimento proteico utilizando micro-organismos pode ser realizado através da fermentação semissólida. Segundo Silva (2015) a fermentação semissólida apresenta diversas vantagens quando comparada ao processo de fermentação submersa devido a seus aspectos físico-químicos, especialmente sua reduzida atividade de água, o que torna o processo mais produtivo, além de requerer baixo investimento de capital e energia e praticamente não produzir resíduos.

Como em todo processo fermentativo, o controle de determinados parâmetros se faz necessário para a obtenção de produtos com características constantes e uniformes. Segundo ZHU et al. (2013) os parâmetros do processo podem ser divididos em físico-químicos e bioquímicos como tamanho da partícula, teor de água inicial, pH e pré-tratamento do substrato, umidade relativa, temperatura de incubação, agitação e aeração, micro-organismo, suplementação de nutrientes como: nitrogênio, fósforo e traços de elementos, suplementação de fonte de carbono adicional e indutor e extração de produto e sua purificação. Dependendo do tipo, nível e aplicação do processo fermentativo um e/ou vários parâmetros podem ser usados para sua otimização.

Diante o exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar o processo de enriquecimento proteico do maxixe-bravo (*Cucumis dipsaceus* Ehrenb) por fermentação semissólida, visando à produção de suplemento proteico para ração animal.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Alimentos (LBBA) da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e saúde (UFCG/CES).

A matéria-prima utilizada como substrato para o processo de enriquecimento proteico foi o fruto do maxixe-bravo (*Cucumis dipsaceus* Ehrenb). Esses foram adquiridos na zona rural da cidade de Nova Floresta na Paraíba, dando-se preferência aos frutos verdes. A uniformidade de cor e firmeza foram verificadas sensorialmente.

As características físicas relacionadas às dimensões do fruto do maxixe-bravo *in natura* foram determinadas diretamente por paquímetro digital, onde se mediu: comprimento e largura. Para medir a circunferência, na região equatorial do fruto foi utilizada uma fita métrica.

Para as medidas de massa foram avaliadas a massa total do fruto, massa da polpa, massa da casca, massa das sementes e o rendimento referente a cada uma destas partes. As medidas de massa foram realizadas em balança analítica digital.

A determinação do volume do fruto utilizado para calcular a densidade ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) foi obtida o por meio da imersão do fruto em água depositada em proveta graduada, de forma que o volume obtido correspondeu ao deslocamento da coluna de água.

Com a finalidade de realizar comparações morfológicas o maxixe comum (*Cucumis anguria* L) também foi caracterizado de acordo com as variáveis acima descritas. Os frutos de maxixe comum também foram adquiridos na zona rural da cidade de Nova Floresta na Paraíba, dando-se preferência aos frutos verdes.

O teor de água das amostras foi determinado após secagem em estufa, a  $105^{\circ}\text{C}$ , até massa constante, de acordo com metodologia descrita em IAL (2008).

Para a determinação do pH foram utilizados 5,000 g de amostra que foram transferidos, com auxílio de 50 mL de água destilada. O pH foi determinado por medidas potenciométricas do líquido sobrenadante, em peagâmetro conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008).

A metodologia seguida para determinação da acidez titulável, baseou-se na titulação com hidróxido de sódio 0,1 M até o ponto de viragem, com o indicador fenolftaleína (IAL, 2008).

Os sólidos solúveis totais foram determinados por refratometria na escala  $^{\circ}\text{Brix}$ . As leituras do grau Brix foram realizadas, utilizando-se o refratômetro de bancada Abbé.

Para a determinação do resíduo mineral fixo foi realizada incineração em forno mufla a 550 °C, por 6 h, de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008).

O método Kjeldahl (Tedesco *et al.*, 1995) foi utilizado para determinação de proteína bruta das amostras. A determinação de proteína por esse método foi realizada em três etapas: digestão, destilação e titulação. O fator de conversão utilizado foi 6,25.

O micro-organismo utilizado no processo de enriquecimento proteico foi a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, prensada, tipo comercial, fermento biológico fresco da marca Fleischman adquirido no comércio local da cidade de Cuité, Paraíba. Diferentes concentrações de levedura foram estudadas, sendo: 0, 1, 3, 5 e 15 % da massa inicial de substrato.

Foram utilizados biorreatores cilíndricos de plástico, com dimensões de 20 x 30 x 7 cm. Estes foram colocados em estufa com circulação de ar, na temperatura de 35 °C (SILVA, 2015), o que proporciona uma boa aeração e assemelha-se as condições ambientais.

A fermentação empregada foi do tipo semissólida em sistema de batelada, com agitação nos tempos retirada das amostras, para facilitar a oxigenação. O substrato, 300 g, foi adicionado aos biorreatores, ocorrendo então à adição do micro-organismo por um período de 72 h. Foram retiradas amostras para realização de análises teor de água, resíduo mineral fixo, acidez titulável, sólidos solúveis totais, pH e proteína bruta, com correspondente aumento proteico, nos tempos de 0, 24, 48 e 72 h de fermentação, conforme metodologia citada anteriormente. Todas as fermentações foram realizadas em duplicata.

A determinação do aumento proteico nas amostras enriquecidas proteicamente teve como base o valor proteico contido nos substratos *in natura*. O aumento proteico (AP) foi definido como a razão entre a diferença do valor proteico do substrato enriquecido e o valor proteico do substrato na forma *in natura*, e o valor inicial de proteína bruta na forma *in natura*, conforme Equação 1 (MACEDO *et al.*, 2015).

$$AP = \frac{(\%) \text{ Proteína Bruta (Enriquecida)} - (\%) \text{ Proteína Bruta (in natura)}}{(\%) \text{ Proteína Bruta (in natura)}} \times 100 \quad (1)$$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 (A e B), apresenta o fruto do maxixe-bravo (*Cucumis dipsaceus* Ehrenb) e maxixe comum (*Cucumis anguria* L), respectivamente.

O *Cucumis* possui frutos carnosos do tipo baga indeiscentes sincárpico, polispérmico e o endocarpo não forma caroço ou osso. Seus frutos têm casca verde, são ovalados e possuem pequenos espinhos moles e não pontiagudos. Suas sementes são achatadas.

Porém de acordo com a Figura 1 pode-se observar que *C. dipsaceus* apresenta maior quantidade de espinhos e, estes são mais compridos quando comparado à *C. anguria*. O *C. dipsaceus* também apresenta maior número de sementes com conseqüente menor quantidade de polpa. As sementes existentes em *C. anguria* são de formato mais arredondado.

**Figura 1.** A. Maxixe-bravo (*Cucumis dipsaceus* Ehrenb) B. Maxixe comum (*Cucumis anguria* L).



Fonte: Autoria própria.

Os resultados da biometria dos frutos de maxixe-bravo e do maxixe comum estão expressos na Tabela 1. O valor médio do comprimento aferido foi de 56,20 mm para o maxixe-bravo e 32,72 mm para o maxixe comum. O diâmetro médio apresentado pelo maxixe bravo foi de 32,72 mm e circunferência de 11,7 cm. Com relação ao maxixe comum os valores encontrados para o diâmetro e para a circunferência foram de 40,14 mm e 14,10 cm, respectivamente.

**Tabela 1.** Biometria do Maxixe-bravo (*Cucumis dipsaceus* Ehrenb) e do Maxixe comum (*Cucumis anguria* L).

	Maxixe Bravo		
	Valor máximo	Valor mínimo	Média
Comprimento (mm)	56,20	42,61	49,57 ± 3,95
Diâmetro (mm)	32,72	24,18	28,28 ± 2,21
Circunferência (cm)	11,7	9	10,63 ± 2,21
Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	1, 21	0,83	1,0 ± 1,13
	Maxixe Comum		
	Valor máximo	Valor mínimo	Média
Comprimento (mm)	66,30	35,61	50,91 ± 7,50
Diâmetro (mm)	40,14	23,80	30,63 ± 3,94
Circunferência (cm)	14,10	8,50	10,62 ± 1,26
Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	1,05	0,85	0,92 ± 0,20

Os valores obtidos para as características avaliadas foram bem próximos, demonstrando grande semelhanças físicas entre as espécies.

A Tabela 2 apresenta os valores das massas e o rendimento calculado para cada parte individualmente dos frutos do maxixe-bravo e do maxixe comum. Pode-se observar que o maxixe-



bravo apresentou um valor médio para polpa de 4,89 g, já o maxixe comum a média foi de 9,31 g; para as médias da massa de sementes, o maxixe-bravo apresentou 7,03 g e o maxixe comum 8,52 g, concluindo dessa forma que o maxixe-bravo apresenta maior quantidade de semente quando comparado a quantidade de polpa, e o maxixe comum uma maior quantidade de polpa. Tal comportamento pode ser enfatizado com as imagens da Figura 1. Em ambas as espécies de maxixe a casca equivale ao maior percentual de massa do fruto, sendo para o maxixe-bravo 48,84 % e para o maxixe comum 40,57 %.

**Tabela 2.** Valores em massa do Maxixe-bravo (*Cucumis dipsaceus* Ehrenb) e do Maxixe comum (*Cucumis anguria* L).

<b>Maxixe Bravo</b>				
Massa (g)	Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	(%)
Total	30,56	16,32	23,21 ± 4,03	100
Casca	15,93	6,83	11,29 ± 2,56	48,84
Polpa	7,16	2,36	4,89 ± 0,12	20,86
Sementes	12,14	2,15	7,03 ± 2,87	30,30
<b>Maxixe comum</b>				
Massa (g)	Valor Máximo	Valor Mínimo	Média	(%)
Total	63,68	13,03	30,02 ± 11,90	100,00
Casca	30,87	5,72	12,18 ± 5,11	40,57
Polpa	19,69	3,87	9,31 ± 4,14	31,01
Sementes	16,50	3,44	8,52 ± 3,34	28,38

A Tabela 3 apresenta os resultados médios da caracterização química da levedura (*Saccharomyces cerevisiae*). O teor de água encontrado foi 71,89 %, pH de 4,57, resíduo mineral fixo de 1,93 % e o valor proteico expresso em base seca, foi de 48,02 %.

**Tabela 3.** Composição química da levedura utilizada no enriquecimento proteico.

	<b>Média</b>
Teor de Água (%)	71,89 ± 1,97
pH	4,57 ± 0,38
Resíduo Mineral Fixo (%)	1,93 ± 0,04
Proteína Bruta base seca (%)	48,02 ± 0,46

Oliveira (2014) cita valores semelhantes com relação ao pH (4,54), para o mesmo tipo de fermento, utilizado pela autora para enriquecimento proteico de facheiro, porém o teor de água (70%) e a porcentagem de PB encontrada foi inferior (45%). Araújo et al. (2008), em estudo para

enriquecimento proteico de palma forrageira, cita que o fermento apresentou essa mesma porcentagem de PB (45 %, em base seca) e maior teor médio de água (80 %, em base úmida).

A Tabela 4 apresenta os valores médios da caracterização química do maxixe *in natura*, ou seja, concentração 0 % de levedura, ao longo das 72 h de processo.

**Tabela 4:** Caracterização química do maxixe-bravo *in natura*, durante a FSS.

	Tempo de fermentação(h)			
	0	24	48	72
Teor de Água (%)	87,96 ± 1,70	87,77 ± 0,79	81,07 ± 1,44	79,08 ± 1,15
Resíduo Mineral Fixo (%)	1,51 ± 0,04	2,33 ± 1,58	2,91 ± 0,26	2,93 ± 0,13
Acidez Titulável (%)	1,85 ± 0,18	1,75 ± 0,12	1,17 ± 0,45	0,25 ± 0,17
Sólidos Solúveis Totais (%)	2,9 ± 0,23	1,85 ± 0,95	0	0
pH	4,68 ± 0,01	4,92 ± 0,10	5,71 ± 0,44	8,83 ± 0,56
Proteína Bruta (%)	2,67 ± 0,22	2,70 ± 0,79	4,00 ± 0,28	4,61 ± 0,59

Observou-se diminuição do TA, passando de 87,96 % nas primeiras horas para 79,08 %, com 72 h, comportamento esperado pelo uso de estufa com circulação de ar e aquecimento. Macedo et al. (2016), observaram um valor de 88,24 % para TA do maxixe-bravo *in natura*. Para os valores de Resíduo Mineral Fixo (RMF) podemos destacar o valor de 1,51 % para 0 h e 2,93 % para 72 h. Verificou-se diminuição em todo o intervalo de tempo estudado dos valores de AT, sendo, no entanto, essa diminuição mais acentuada nas últimas horas do processo, comportamento inverso foi apresentado pelo pH, que apresentou valores de 4,68 a zero hora para 8,83 em 72 h. O pH é uma variável muito importante a ser considerada, quando se trata de cultivo de micro-organismos (LIMA, 2006). O valor inicial de SST foi de 2,9 °Brix. O maxixe-bravo apresentou valores iniciais de PB bem superiores a outras espécies de *Cucurbitacea* como o maxixe comum, melão (*Cucumis melo* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.) com respectivos valores de proteína, 1,4; 0,7 e 0,9 %, respectivamente (MACEDO et al., 2016; TACO, 2011).

Na Tabela 5 temos os resultados da caracterização química do maxixe-bravo, com adição de 1 % de levedura, durante as 72 h de FSS.

**Tabela 5:** Caracterização química do maxixe-bravo com 1 % de concentração de levedura, durante a FSS.

	Tempo de fermentação (h)			
	0	24	48	72
Teor de Água (%)	90,06 ± 1,06	82,43 ± 4,31	75,98 ± 6,31	73,89 ± 4,08
Resíduo Mineral Fixo (%)	1,49 ± 0,04	2,17 ± 0,45	4,26 ± 1,80	4,45 ± 0,21
Acidez Titulável (%)	2,02 ± 0,14	1,6 ± 0,53	0,55 ± 0,24	1,7 ± 0,14
Sólidos Solúveis Totais (%)	2,22 ± 0,13	1,3 ± 0,34	0	0
pH	4,65 ± 0,008	5,23 ± 0,43	7,26 ± 0,53	8,55 ± 1,24
Proteína Bruta (%)	2,95 ± 0,21	3,46 ± 1,11	3,43 ± 0,76	3,30 ± 6,01
Teor de Água (%)	10,49	29,59	28,46	23,59



O valor de TA inicial foi de 90,06 %, passando para 73,89 %, ao longo das 72 h de fermentação. Os valores de RMF apresentaram variação de 1,49 para 4,45 %. Os valores de AT foram: 2,02, 1,6, 0,55 e 1,7%, para os tempos de 0, 24, 48 e 72 h, respectivamente. As amostras apresentaram SST inicial de 2,22 °Brix passando a 0, após 72 h de processo. O pH das amostras apresentou aumento, passando de 4,65 para 8,55 em 72 h. Com adição de 1 % de levedura os valores de PB apresentados ao longo do período analisado foi de 2,95, 3,46, 3,43 e 3,30 %; nesse experimento pode-se destacar o melhor valor de aumento proteico, aproximadamente 30 % para 24 h.

A Tabela 6 apresenta a caracterização química do maxixe-bravo, com adição de 3 % de levedura, durante as 72 h de FSS.

**Tabela 6:** Caracterização química do maxixe-bravo com 3 % de concentração de levedura, durante a FSS.

	<b>Tempo de fermentação (h)</b>			
	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>
Teor de Água (%)	89,67 ± 0,73	73,20 ± 5,50	65,75 ± 5,57	62,29 ± 3,43
Resíduo Mineral Fixo (%)	1,57 ± 0,07	2,81 ± 0,10	8,66 ± 1,60	8,93 ± 0,41
Acidez Titulável (%)	1,9 ± 0,66	1,6 ± 0,88	1,12 ± 1,26	1,01 ± 0,86
Sólidos Solúveis Totais (%)	3,0 ± 0,0	0,8 ± 0,16	0	0
pH	4,65 ± 0,04	5,72 ± 0,25	6,79 ± 0,54	7,29 ± 0,41
Proteína Bruta (%)	3,11 ± 0,53	4,81 ± 1,00	8,73 ± 1,54	5,19 ± 0,16
Teor de Água (%)	16,48	80,15	226,97	94,38

Houve redução do TA ao longo do tempo, acompanhado de um acréscimo nos valores médios de RMF. Para AT observou-se valores de 1,9 %, no início do processo, e 1,01 % ao final. Os valores de pH aumentaram ao longo do tempo observado. Ao final do processo fermentativo a concentração de SST foi zero. Para a concentração de 3% de levedura, os valores de PB alcançados foram: 3,11; 4,81; 8,73; 5,19 %, com os respectivos AP de: 16,48; 80,15; 226,97; 94,38 %. O maior AP foi conseguido após 48 h de processo, nessas condições.

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados da caracterização química do maxixe-bravo, com adição de 5 % de levedura, durante as 72 h de FSS.

**Tabela 7:** Caracterização química do maxixe-bravo com 5 % de concentração de levedura, durante a FSS.

	Tempo de fermentação(h)			
	0	24	48	72
Teor de Água (%)				
Resíduo Mineral Fixo (%)	89,36 ± 1,30	81,90 ± 1,55	72,32 ± 4,14	60,98 ± 2,98
Acidez Titulável (%)	1,66 ± 0,03	3,15 ± 0,44	7,10 ± 1,66	7,35 ± 1,63
Sólidos Solúveis Totais (%)	1,9 ± 0,05	1,7 ± 0,85	1,15 ± 0,54	1,2 ± 1,25
pH	3,05 ± 0,14	1,4 ± 0,64	0	0
Proteína Bruta (%)	4,63 ± 0,008	5,37 ± 0,18	7,14 ± 0,38	6,83 ± 0,46
Teor de Água (%)	3,21 ± 0,48	5,54 ± 0,75	7,47 ± 1,23	7,29 ± 0,89
Resíduo Mineral Fixo (%)	20,22	107,49	179,77	173,03

O valor de TA inicial foi de 89,36 %, passando para 60,98 %, ao longo das 72 h de fermentação. Os valores de RMF apresentaram variação de 1,66 para 7,35 %. Os valores de AT foram: 1,9, 1,7, 1,15 e 1,2 %, para os tempos de 0, 24, 48 e 72 h, respectivamente. As amostras apresentaram SST inicial de 3,05 °Brix passando a 0, após 72 h de processo. O pH das amostras apresentou aumento, passando de 4,63 para 6,83 em 72 h. Com adição de 5 % de levedura os valores de AP apresentados ao longo do período analisado foi de 20,22; 107,49; 179,77; 173,03 %. O maior AP foi conseguido após 48 h de processo.

Por fim, na Tabela 8 temos os resultados químicos do maxixe-bravo, concentração de 15% de levedura.

**Tabela 8:** Caracterização química do maxixe-bravo com 15 % de concentração de levedura, durante a FSS.

	Tempo de fermentação (h)			
	0	24	48	72
Teor de Água (%)				
Resíduo Mineral Fixo (%)	87,26 ± 0,98	79,25 ± 2,85	78,17 ± 4,00	70,85 ± 3,45
Acidez Titulável (%)	1,67 ± 0,02	2,70 ± 0,31	5,20 ± 1,54	5,23 ± 0,11
Sólidos Solúveis Totais (%)	1,9 ± 0,11	1,8 ± 0,38	1,65 ± 1,38	1,75 ± 1,35
pH	3,0 ± 0,0	0,9 ± 0,0	0	0
Proteína Bruta (%)	4,58 ± 0,00	4,87 ± 0,02	7,17 ± 0,70	6,82 ± 0,52
Teor de Água (%)	4,48 ± 0,41	5,39 ± 0,78	7,56 ± 0,97	4,53 ± 2,82
Resíduo Mineral Fixo (%)	67,79	101,87	183,14	69,66

O valor de TA inicial foi de 87,26 %, passando para 70,85%, ao longo das 72 h de fermentação. Os valores de RMF apresentaram variação de 1,67 para 5,23 %. Os valores de AT foram: 1,9, 1,8, 1,65 e 1,75%, para os tempos de 0, 24, 48 e 72 h, respectivamente. As amostras apresentaram SST inicial de 3,0 °Brix passando a 0, após 72 h de processo. O pH das amostras apresentou aumento, passando de 4,58 para 6,82 em 72 h. Com adição de 15 % de levedura os valores de PB apresentados ao longo do período analisado foi de 4,48, 5,39, 7,56 e 4,53 %; nesse experimento pode-se destacar o melhor valor de aumento proteico, cerca de 180 % para 48 h.

De posse de todos os resultados de AP, utilizando diferentes concentrações de levedura, destaca-se a fermentação semissólida do maxixe-bravo com a adição de 3 % de *Sacharomyces cerevisiae*, no tempo de 48 h.

Oliveira (2014) encontrou o maior AP (163 %), com 5 % de inóculo, em 8 h de fermentação. A autora analisou a influência da concentração de inóculo e espessura da camada de substrato sobre o enriquecimento proteico do facheiro (*P. pachycladus*), através da FSS, utilizando *S. cerevisiae*. Foram utilizadas concentrações de 1, 3 e 5 % de inóculo e espessuras da camada de substrato de 3; 6,5 e 10 cm, à temperatura de 35°C e observou-se que apenas a concentração de levedura teve influência significativa no ganho proteico do facheiro.

Os resultados alcançados foram superiores aos obtidos por Silva et al. (2016), ao estudarem o enriquecimento proteico de resíduos do abacaxi utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, com 10 % de inóculo, o teor de PB passou de 14 % (*in natura*) para 20,56 %, após 48 h de fermentação.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O processo fermentativo a 35 °C com concentrações de 3 % de levedura proporcionou o maior aumento proteico. Com 48 h de fermentação, o teor de proteína bruta e o aumento proteico alcançados nesse processo foram 8,73 e 226,97 %, respectivamente.

O suplemento proteico obtido por da fermentação do maxixe-bravo, utilizando levedura *Saccharomyces cerevisiae* como inóculo, poderá posteriormente ser utilizado como uma alternativa na alimentação de pequenos ruminantes.

#### **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq (PIBIC/CNPq-UFCG), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

#### **REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, L.F. et. al. Enriquecimento proteico da palma forrageira com *Saccharomyces cerevisiae* para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 2, p. 401-407, fev. 2008.

CHANDRAN, R.; NIVEDHINI, V.; PARIMELAZHAGAN, T. Nutritional composition and antioxidant properties of cucumis dipsaceus ehrenb. ex spach leaf. *The Scientific World Journal*, p. 9, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). Métodos físico-químicos para análises de alimentos. Coordenadores: Odair Zenebon; Neus Sadoco Pascuet & Pablo Tigea. São Paulo, Ed. 4, 1ª Edição Digital, 2008.

LATA, S.; MITTAL, S. K. Pharmacognosy, phytochemistry and pharmacology of *cucumis dipsaceus* ehrenb. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, v. 7, n. 3, p. 446–449, 2015.

LIMA, E. E. Produção e armazenamento da farinha de facheiro. 149f. 2006. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

MACEDO et al. Caracterização Física e Química do fruto do Maxixe-bravo (*cucumis dipsaceus* ehrenb). Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. 2016

MACEDO et al. Bioconversão da palma forrageira e do sisal como alternativa para alimentação animal. 5º Encontro Regional de Química e 4º Encontro Nacional de química. Blucher Chemistry Proceedings. v.3, n.1. 2015.

NIVEDHINI, V.; CHANDRAN, R.; PARIMELAZHAGAN, T. Chemical composition and antioxidant activity of *Cucumis dipsaceus* Ehrenb. Ex Spach fruit. *International Food Research Journal*, v. 21, n. 4, p. 1465–1472, 2014.

OLIVEIRA, J. B. **Enriquecimento proteico do facheiro por fermentação semissólida**. 2014. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2014.

PANDEY, A. Solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, v.13, n. 2-3, p. 81-84, 2003.

SILVA, C.R.G. Enriquecimento proteico de cactáceas por fermentação semissólida. 2015. Dissertação Ciências Naturais e Biotecnologia – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2015.

SILVA, G. M. S. et al. Enriquecimento proteico do resíduo de abacaxi mediante fermentação semissólida. **Revis. Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.**, v. 11, n. 5, p. 39–44, 2016.

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. revisada e ampliada -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011.

TEDESCO, M. J. et al. Análises de solo, plantas e outros minerais. Boletim Técnico N° 5. 2. ed., Porto Alegre, 1995.

ZHU, Z. et al., The usage of rice straw as a major substrate for the production of surfactin by *Bacillus amyloliquefaciens*XZ-173 in Exploring microbial succession and diversity during solid state fermentation. *Journal Environmental Management*, 2013, v.127, p.96-102